



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Patentschrift  
10 DE 41 32 651 C 1

51 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
B 23 K 7/10  
B 23 K 26/08  
B 23 K 9/013  
G 01 D 5/12

21 Aktenzeichen: P 41 32 651.2-45  
22 Anmeldetag: 1. 10. 91  
43 Offenlegungstag: —  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 8. 10. 92

DE 41 32 651 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:  
Messer Griesheim GmbH, 6000 Frankfurt, DE

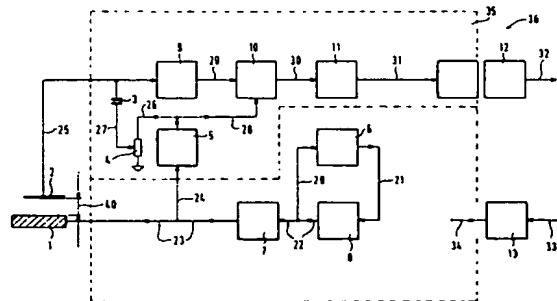
72 Erfinder:  
Albert, Hans Joachim, 6238 Hofheim, DE; Bergmann,  
Eckhardt, 7800 Freiburg, DE; Henrici, Reinhard, Dr.,  
6251 Eschhofen, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE	30 42 781 A1
DE	26 41 851 A1
DD	2 25 651 A1
EP	00 38 551 B1
EP	03 00 974 A1

54 Vorrichtung zum berührungslosen Erfassen von Daten einer thermischen Bearbeitungsmaschine

57 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum berührungslosen Erfassen von Daten einer thermischen Bearbeitungsmaschine mit mindestens einem Bearbeitungswerkzeug und einem Werkstück, die dadurch gekennzeichnet ist, daß das Werkstück (1) an einen Wechselspannungsgenerator (8) angeschlossen und mit einem Wechselspannungssignal beaufschlagt ist, wodurch es als Sender wirkt und dem Werkstück (1) gegenüberliegend ein Empfänger angeordnet ist, der mit einer Auswerteeinheit (35) verbunden ist, die die Feldveränderungen erfaßt.



DE 41 32 651 C 1

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum berührungslosen Erfassen von Daten einer thermischen Bearbeitungsmaschine mit mindestens einem Bearbeitungs-  
werkzeug und einem Werkstück.

Ein Werkstück, wie eine Metallplatte oder ähnliches, kann unter Verwendung eines Schneidbrenners oder eines Laserschneidkopfes mittels dem ein Schneidstrahl auf die Oberfläche gerichtet wird, der das Werkstück durchdringt, in gewünschte Formen geschnitten werden.

Im allgemeinen ist der Schneidbrenner in einer beweglichen Halterung montiert, so daß das Werkstück entsprechend der gewünschten Form abgefahren werden kann. Der Abstand zwischen Brennerdüse und Werkstück muß konstant sein, damit ein optimales Schneiden des Werkstückes erreicht und beibehalten wird. Ist der Abstand zwischen Brennerdüse und Werkstück zu gering, können Unebenheiten in dem Werkstück zu einer Berührung mit der Brennerspitze führen, wodurch die Flamme ausgeht und das Schneiden des Werkstückes beendet wird. Ein zu großer Abstand kann sich nachteilig auf die Schnittqualität auswirken und bei zu großem Abstand reißt der Schnitt ab. Beim Laserschneiden verschiebt sich durch große Abstandsänderungen die Lage des Fokuspunktes im Blech und ein Schnitt ist nicht mehr möglich.

Es ist bekannt, daß mit kapazitiven Meßmethoden Abstände zu Werkstücken gemessen und über einen geschlossenen Regelkreis die Halterung des Schneidbrenners auf konstanter Höhe über der Werkstückoberfläche gehalten wird (DE 26 41 851 A1, DD 2 25 651 A1).

Bei der kapazitiven Abstandsmessung werden Abtastelemente in der Nähe der Brennerdüse eingesetzt, die in Ring-, Hufeisen- oder Plättchenform ausgebildet sind. Da sie im heißen bzw. Spritzerbereich des Schneidstrahles angeordnet sind, weisen sie nur eine geringe Standzeit auf und müssen in regelmäßigen Abständen ausgetauscht werden.

Bei bekannten Vorrichtungen mit Oszillatorkreis und Frequenzbestimmender Kapazität mit nachgeschalteter PLL-Schaltung oder ähnlichem sind LC-Kombinationen in der Nähe der Abtastelemente notwendig. Dies bedingt in der Praxis eine Anordnung von Elektronik im warmen Bereich des Trennprozesses und eine große Teilevielfalt bei unterschiedlichen Maschinen und Brennerkonstruktionen. Außerdem treten infolge von den verwendeten Hochspannungszündsystemen hohe Feldstärken und große elektromagnetische Störungen auf. Die Störkonturen am Brenner werden vergrößert. Damit ermöglichen die bekannten Vorrichtungen zwar mit den verschiedensten Systemen die erforderlichen Funktionen, doch ist der Aufwand dafür mechanisch, elektrisch bzw. elektronisch groß. Individuelle mechanische und elektrische Konstruktionselemente der thermischen Bearbeitungsmaschine, wie Größe des Brennerwagens, Art, Größe und Form des Schneidbrenners, Typ der Düsen und Düsenkappen, Art des Gases, Markierwerkzeuge, Brennerhalter, Abstand zu Nachbarbrennern bei Einzelbrennerhöhenverstellungen als auch bei Mehrbrenneraggregaten, zusätzliche Anbauten in Brennernähe und praxistypische Prozeßschwankungen sowohl bei Lichtbogen als auch bei Autogen- und Laserverfahren sowie die verwendeten Kabellängen, deren Kapazität und Steckverbindungen im Meßkreis und Übergangswiderstände, z. B. an Schleifringen bei unendlich drehbaren Aggregaten führen zu veränderli-

chen Parasitärkapazitäten, die in die Abstandsmessung mit eingehen.

Ferner ist bekannt, daß thermische Einflüsse auf brennernahe Elektronikkomponenten als auch auf die Kapazität von Kabeln und Steckverbindungen wirken und besonders bei frequenzgestützten Vorrichtungen zu Driften während des Betriebes führen. Der Dynamikbereich solcher Vorrichtungen beträgt derzeit nur wenige Millimeter Abstand Düse-Blech (Werkstück) und erfordert eine aufwendige und präzise Justage der Abtastelemente.

Eine Anordnung zum Kompensieren von störenden Ausstrahlungen elektromagnetischer Hochfrequenzschwingungen bei berührungslosen Abtasteinrichtungen ist in der DE 30 42 781 A1 beschrieben.

Weiterhin ist eine Vorrichtung zum berührungslosen Bestimmen der Lage und/oder der dielektrischen Eigenschaften von Objekten für die Glühofenanwendung bekannt, mittels der ein empfindlicher Nachweis der Störung eines elektrischen Wechselfeldes geführt wird. Sie besteht aus einer Anordnung von jeweils drei elektrischen Leitern, von denen zwei als felderzeugende Sendeelektroden mit einer niederfrequenten gegenphasigen Wechselspannung betrieben werden, während der dritte Leiter als stromempfindliche Meßelektrode dient. Durch frequenz- und phasenempfindliche Aufbereitung der Meßsignale ergibt sich eine hohe Meßempfindlichkeit und eine hohe Unempfindlichkeit gegen elektrische Störeinflüsse (EP 00 38 551 B1).

Dabei ist die Richtungsabhängigkeit der beiden Sendeelektroden bei Schneidprozessen störend, da dort in einer Ebene jederzeit in jede beliebige Richtung geschnitten werden kann. Der meßwertverfälschende Einfluß von Schnittfugen ist besonders groß, wenn in Abtastelektrodenrichtung geschnitten würde. Ferner ist es mechanisch-konstruktiv aufwendig, zwei Sendelektroden im Brennerbereich anzubauen.

Außerdem ist eine induktive Vorrichtung bekannt, die aus mindestens einer Empfängerspule und wenigstens einer, an einen HF-Generator angeschlossenen Primärerreger-Spule zum Induzieren von in ungestörtem Zustand vorbestimmbaren Spannungswerten entgegengerichteter Polarität in die Empfängerspule besteht. Zur Kompensation von Fehlern und Abweichungen bei der Induktion in die Empfängerspule ist wenigstens eine zusätzliche Erreger-Spule vorgesehen, welche ein Kompensationsfeld bzw. Kompensationsspannungen in der Empfängerspule erzeugt (EP 03 00 974 A1).

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zum berührungslosen Erfassen von Daten einer thermischen Bearbeitungsmaschine zu schaffen, die unempfindlich ist gegenüber den thermischen und maschinen- und prozeßspezifischen Beeinflussungen und eine Reduzierung des technischen Gesamtaufwandes erlaubt.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung, mit der die Aufgabe gelöst wird, ist dadurch gekennzeichnet, daß das Werkstück an einen Wechselspannungsgenerator angeschlossen und mit einem Wechselspannungssignal beaufschlagt ist, wodurch es als Sender wirkt und dem Werkstück gegenüberliegend ein Empfänger angeordnet ist, der mit einer Auswerteeinheit verbunden ist, die Feldveränderungen erfaßt.

Durch die Erfindung wird eine hohe Unempfindlichkeit gegen elektrische Störeinflüsse und temperaturabhängige Umgebungseinflüsse erreicht, wobei mit der Vorrichtung in beliebige Richtungen geschnitten werden kann, weil durch die Ausbildung des Werkstückes

als Sender und dem symmetrisch/konzentrisch um den Brenner angeordneten Empfänger eine Richtungsunabhängigkeit erreicht wird. Hinzu kommt, daß im temperaturbelasteten Bereich zwischen Sender und Empfänger keine separaten Sendelektroden angeordnet werden müssen. Dies reduziert den mechanisch konstruktiven Aufwand erheblich.

Durch die Merkmale des Anspruches 2 wird eine höhere Ausgangsspannung des als Sender wirkenden Werkstückes erzielt, wodurch ein großer Störspannungsabstand des Abstandsmeßsignales erreicht wird.

Durch die Merkmale des Anspruches 3 ist die gesamte Elektronik der Vorrichtung potentialfrei gegenüber der Umgebung. Dies ermöglicht die Meßmethode selbst.

Weiterhin wird es vorteilhaft möglich, über verschiedene Methoden, wie potentiometrisch oder ferneingestellt, verschiedene Arbeitsabstände oder Anpassungen an die Empfängerformen durchzuführen, weil eine veränderbare Wechselspannung über eine Leitung mit Kondensator dem Vorverstärker zugeführt wird.

Durch die Merkmale des Anspruches 4 wird es vorteilhaft möglich, mit je einer Sendelektrode und einer Empfangselektrode ein Differenzwechselfeld zu messen.

Durch die Merkmale der Ansprüche 5 bzw. 6 ist es vorteilhaft möglich, über eine Rechnerschnittstelle (z. B. parallel, seriell, Bussysteme) automatisch eine Sollwerthöhenvorgabe zu wählen, wobei die Werte beispielsweise aus einer Technologiedatenbank übernommen werden. Ferner gestattet Anspruch 5 einen geschlossenen Regelkreis aufzubauen, der einen automatischen Null-Abgleich für eine neu frei gewählte Höhe erlaubt. Desgleichen kann während des Schneidbetriebes eine neue, definierte Höhe, Offsetvorgabe, Offsetkompensation, programmierter Abstandverlauf in Abhängigkeit von Maschine, Werkstück, Prozeß usw. durchgeführt werden.

Durch die Merkmale des Anspruches 7 ist es vorteilhaft möglich, über ein einfaches Potentiometer die nötige Kompensationsspannung zum Null-Abgleich des Sensors über den festen Kondensator in den Vorverstärker einzukoppeln. Wird das Potentiometer durch einen D/A-Wandler ersetzt, ist Fernbedienbarkeit möglich.

Durch die Merkmale des Anspruches 8 ist es vorteilhaft möglich, bei Betrieb von mehreren Sensoren an einem Werkstück die Störbeeinflussung von Nachbarsensoren zu minimieren.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird im folgenden näher beschrieben.

In der Zeichnung ist schematisch ein Blockschaltbild der Vorrichtung 36 nach der Erfindung dargestellt. Die Vorrichtung besteht im wesentlichen aus einer Auswerteeinheit 35, die über Leitung 25 mit dem Empfänger 2 verbunden ist und dem Werkstück 1, das als Sender ausgebildet ist. Hierzu ist das Werkstück 1 mit einem Wechselspannungsgenerator 8 verbunden, der mit Hilfe der Rückkopplung 6 über die Leitungen 20 und 21 im Sinne einer Amplitudenregelung ein amplitudenstabilisiertes sinusförmiges Wechselspannungssignal erzeugt. Dieses Wechselspannungssignal wird über Leitung 22 und Übertrager 7 auf eine hohe Spannung transformiert und damit über Leitung 23 das Werkstück 1 beaufschlagt. Die erhöhte Wechselspannung bewirkt vorteilhaft einen hohen Störspannungsabstand und eine gleichbleibend hohe Signaldynamik auch über große Maschinen und Werkstücke.

Im Invertierer 5 wird dieses sinusförmige Wechselspannungssignal aus dem Übertrager 7 und den Leitungen 23, 24 um 180° phasengedreht und über Leitung 26 und ein Potentiometer 4 (Einstellelement), Leitung 27 und Koppelkondensator 3 auf den Eingang des Vorverstärkers 9 geführt. Zum anderen wird das phasengedrehte Signal über Leitung 28 als Frequenzreferenzsignal dem Gleichrichter 10 (Phasendiskriminator) zugeführt. Der Koppelkondensator 3 ist so auslegbar, daß über Potentiometer 4 bei allen vorkommenden praxisnahen Empfängern 2, Dielektrika und Brennerumgebungsbedingungen eine ausreichend große Wechselspannung der Halbbrücke eingestellt werden kann.

Anstelle des Potentiometers (4) kann auch ein D/A-Wandler verwendet werden, wobei dann der Referenzeingang des D/A-Wandlers mit dem 180°-phasengedrehten Signal aus dem Inverter 5 beaufschlagbar und der Analogausgang des D/A-Wandlers mit dem Koppelkondensator 3 verbindbar ist.

Das vom Werkstück 1 ausgesendete Wechselspannungsfeld wird vom Empfänger 2 (Empfangsantenne) empfangen und über Leitung 25 dem Vorverstärker 9 zugeführt. Wenn die Höhe der von dem Empfänger empfangenen Wechselspannung gleich der um 180° phasengedrehten Wechselspannung ist, so heben sich die beiden Wechselspannungen am Eingang des Vorverstärkers 9 zu Null auf.

Dem Phasendiskriminator 10 werden die vorverstärkten überlagerten sinusförmigen Wechselspannungen aus invertiertem Signal über Leitung 24, Invertierer 5, Leitung 26, Potentiometer 4, Leitung 27 und Koppelkondensator 3 und das Signal über Empfänger 2 und Leitung 25 mit eventuellen Phasenverschiebungen infolge Abstandsänderungen 40 zugeführt und phaseneempfindlich gleichgerichtet. Ein Verstellen des Empfängers 2 hin zu anderen Abständen 40 vom Werkstück 1 führt zu einem richtungsabhängigen Gleichspannungssignal, was über Leitung 30 dem Verstärker 11 zugeführt wird. Voraussetzung ist das Null-Kompensieren über Potentiometer 4 in der gewünschten Arbeitshöhe.

Nach Verstärkung im Verstärker 11 wird die gewonnene Gleichspannung über Leitung 31 als Analog-Ausgangsspannung des Empfängers über den Trennverstärker 12 und Leitung 32 potentialfrei dem Regelkreis einer nachgeschalteten Brennerhöhenverstellung oder ähnlichem zur Verfügung gestellt.

Insgesamt ist das Meßsystem komplett potentialfrei, da neben dem Trennverstärker 12 auch über das Netzteil 13 oder äquivalent dazu über einen DC/DC-Konverter bzw. die Leitungen 33 und 34 kein Potentialabzug zur Umgebung besteht.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zum berührungslosen Erfassen von Daten einer thermischen Bearbeitungsmaschine mit mindestens einem Bearbeitungswerkzeug und einem Werkstück, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkstück (1) an einen Wechselspannungsgenerator (8) angeschlossen und mit einem Wechselspannungssignal beaufschlagt ist, wodurch es als Sender wirkt und dem Werkstück (1) gegenüberliegend ein Empfänger angeordnet ist, der mit einer Auswerteeinheit (35) verbunden ist, die Feldveränderungen erfaßt.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Wechselspannungsgenerator (8) und dem Werkstück (1) ein die Span-

– Leerseite –

nung des Wechselspannungssignales verstärkender Übertrager (7) geschaltet ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit (35) durch Auskoppeln des Sensorsignales über Trennverstärker (12) potentialfrei gegenüber ihrer Umgebung ist und die Spannungsversorgung der Auswerteeinheit (35) über einen potentialgetrennten DC/DC-Wandler oder ein gleichwertiges Netzteil erfolgt.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein Inverter (5) mit dem Wechselspannungssignal aus Generator (8) beaufschlagt ist, der über ein Einstellelement (4) zur Amplitudenverstellung mit einem Koppelkondensator (3) verbunden ist, über den das Kompensations-Wechselspannungssignal dem Vorverstärker (9) zuführbar ist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Einstellelement (4) ein Potentiometer oder ein D/A-Wandler ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Referenzeingang des D/A-Wandlers mit dem 180°-phasengedrehten Signal aus dem Inverter (5) beaufschlagbar und der Analogausgang des D/A-Wandlers mit dem Koppelkondensator (3) verbindbar ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Koppelkondensator (3) einen festen Wert hat und der Kompensationseinfluß der invertierten Wechselspannung (5) und Generator (7) über eine variable Spannung herstellbar ist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Generatorfrequenz bei mehreren Sensoren am gleichen Werkstück unterschiedlich hoch ist.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

40

45

50

55

60

65

